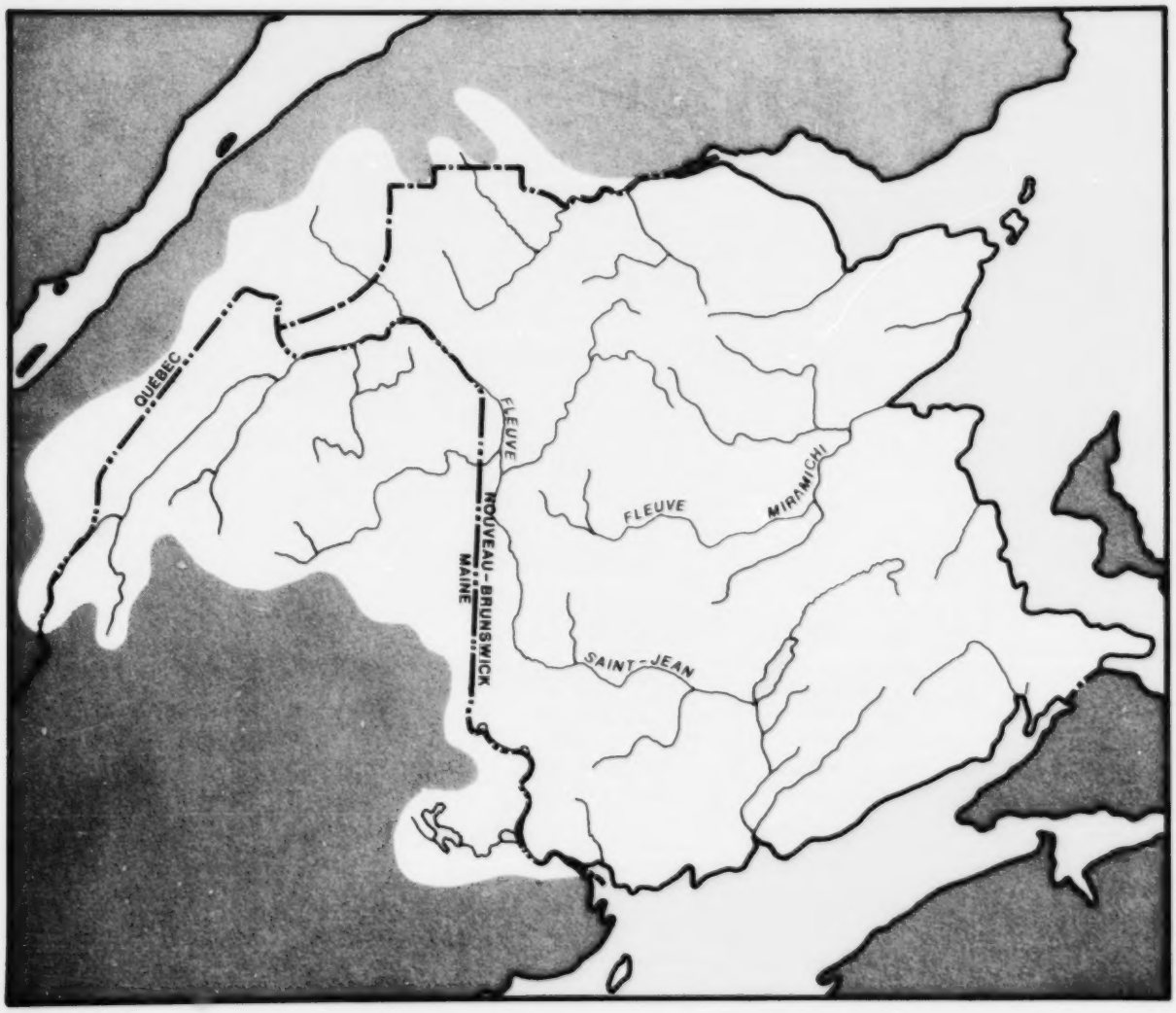
Lignes Directrices Sur L'estimation du faible Débit Pour le Nouveau-Brunswick



Environnement Canada
Eaux Intérieures

Environment Canada
Inland Waters

Ministère de L'Environnement du Nouveau-Brunswick
Direction de la planification des ressources en eau

New Brunswick Department of the Environment
Water Resource Planning Branch

LIGNES DIRECTRICES SUR L'ESTIMATION DU FAIBLE DÉBIT POUR LE NOUVEAU-BRUNSWICK

Préparées par

Direction de la planification
des ressources en eau
Ministère de l'Environnement
du Nouveau-Brunswick
Fredericton (Nouveau-Brunswick)

Direction de la planification
et de la gestion des eaux
Direction des eaux intérieures
Conservation et protection
Environnement Canada
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

(Also available in English upon request)
MARS 1990

TABLE DES MATIÈRES

		Page
Page titre		
Table des matières		i
Liste des figures		ii
Liste des tableaux		iii
Liste des symboles et abréviations		iv
Remerciements		v
Exonération		vi
1.	INTRODUCTION	1
2.	ANALYSE DE FRÉQUENCE DES FAIBLES DÉBITS D'UNE STATION UNIQUE	2
	2.1 Données sur l'écoulement d'un cours d'eau	3
	2.2 Analyses de fréquence des faibles débits	8
3.	ANALYSE RÉGIONALE DE FRÉQUENCE DES FAIBLES DÉBITS	13
	3.1 Méthode d'analyse	13
	3.2 Résultats des analyses de régression	15
	3.3 Courbes enveloppes	24
4.	PROGRAMME D'APPLICATIONS	28
5.	DESCRIPTION DES TECHNIQUES D'ESTIMATION DE FAIBLES DÉBITS	30
	5.1 Généralités	30
	5.2 Estimation des faibles débits à des sites jaugés	31
	5.3 Estimation des faibles débits à des sites non jaugés	32
6.	EXEMPLES	38
7.	BIBLIOGRAPHIE	50

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
1	Régions homogènes de faible débit et stations hydrométriques servant à l'analyse	7
2	Précipitation annuelle moyenne (1951-1980)	18
3	Courbes enveloppes de faibles débits	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableaux	Titre	Page
1	Stations hydrométriques choisies	3
2	Faibles débits d'une journée	10
3	Faibles débits pendant sept jours	11
4	Faibles débits pendant quatorze jours	12
5	Variables climatiques et de géographie physique pour des bassins hydrographiques jaugés choisis	17
6	Équation de régression régionale pour la région nord	19
7	Équation de régression régionale pour les bassins de la région sud ayant une superficie de drainage > 400 km^2	22
8	Équation de régression régionale pour les bassins de la région sud ayant une superficie de drainage < 400 km^2	23

LISTE DES SYMBOLES ET ABRÉVIATIONS

km^2	- kilomètres carrés
mm	- millimètres
m^3/s	- mètres cubes par seconde
C	- coefficient de régression multiple
an	- année
SLM	- superficie occupée par les lacs et les marécages (km^2)
D	- durée en jours
BD	- bassin de drainage en km^2
%SLM	- pourcentage de la superficie occupée par les lacs et les marécages
LAT	- latitude en degrés (°) sous forme décimale
FD	- estimation du faible débit par mètres cubes par seconde
LONG	- longitude en degrés (°) sous forme décimale
RAM	- estimation du ruissellement annuel moyen en mm à partir des données de débit (en mm) des stations hydrométriques
PAM	- précipitation annuelle moyenne en mm
P	- périmètre du bassin en km
Q_R	- faible débit d'une durée d'un jour pour une période de récurrence de R ans établi à partir des courbes enveloppes
ET	- erreur type (m^3/s) de l'estimation
NEIGE	- équivalent moyen en eau (en mm) de l'enneigement au 31 mars
R	- période de récurrence en années
c^2	- coefficients de détermination
<	- moins de
≥	- supérieur ou égal à
o	- degrés

REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été rédigé et compilé par M. Brian Burrell, ingénieur de la Direction de la planification des ressources en eau du ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick et M. Denis Gingras, ingénieur de la Direction de la planification et de la gestion des eaux, Direction des eaux intérieures - région de l'Atlantique à Environnement Canada. M. James Anderson, ing., M. Thomas Humes, ing. et M. D.C. Ambler, ing. ont révisé le rapport.

L'équipe désire remercier M. Ron Howatt pour le dessin de la page couverture et les tableaux, M. Mike Lyons pour son aide en ordinatique et M^{me} Jean Murray pour la dactylographie.

EXONÉRATION

Même si les techniques décrites dans ce rapport représentent les connaissances actuelles sur l'estimation des faibles débits, il règne un certain degré d'incertitude quant à leur application. Environnement Canada et le ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick n'encourent aucune responsabilité pour la mauvaise utilisation ou la mauvaise compréhension des renseignements contenus dans ce rapport. Il incombe à l'utilisateur d'évaluer la pertinence des techniques et l'exactitude des données dans les circonstances qui lui sont particulières.

1.0 INTRODUCTION

L'information sur le faible débit naturel des cours d'eau a de nombreuses applications. Les ingénieurs doivent tenir compte des faibles débits dans la conception des systèmes d'approvisionnement en eau, des installations de traitement des eaux, des stations d'épuration des eaux usées, des aménagements hydrauliques et des ouvrages de navigation. Les biologistes ont besoin d'information sur les faibles débits pour étudier les effets de l'écoulement des cours d'eau sur la flore et la faune aquatiques. On peut trouver bien d'autres utilisations de l'information sur les faibles débits dans les domaines de la navigation fluviale, de l'exploitation de réservoirs et des loisirs nautiques.

Le présent rapport formule des lignes directrices sur l'estimation des faibles débits des cours d'eau au Nouveau-Brunswick. Il n'élimine toutefois pas la nécessité d'un point de vue technique dans l'évaluation des faibles débits ou dans l'application de l'estimation à des situations qui posent des problèmes particuliers.

La section suivante traite des résultats des analyses de fréquence d'une station unique pour les 38 sites d'écoulement fluvial utilisés dans cette étude. La section 3 décrit les analyses de fréquence régionales et le développement de courbes enveloppes. La section 4 porte sur le programme informatique

"HIGHLOW" qui sert à évaluer les débits de crues et les faibles débits. La section 5 résume les modalités d'estimation des faibles débits dans des bassins jaugés et non jaugés tandis que la section 6 présente des illustrations à titre d'exemples.

2.0 ANALYSE DE FRÉQUENCE DES FAIBLES DÉBITS D'UNE STATION UNIQUE

2.1 Données sur l'écoulement d'un cours d'eau

Les données des stations hydrométriques au Nouveau-Brunswick ne peuvent pas fournir suffisamment d'information pour évaluer les faibles débits pendant une durée donnée et une période de récurrence particulières. Certaines données de station hydrométrique sont faibles lorsque les débits sont faibles. De plus, toute régularisation d'un bassin modifierait la suite naturelle des débits et empêcherait la définition du régime de faible débit pondéré. Les faibles débits sont particulièrement sensibles à toute forme de régularisation, par contraste avec les effets de régularisation sur les débits des crues. La régularisation qui a peu ou qui n'a pas d'effet sur les écoulements d'un cours d'eau en période de crue peut influer grandement sur les faibles débits.

Évidemment, plus la période d'enregistrement est longue, plus l'estimation des faibles débits sera exacte à cet emplacement, à la condition que les données hydrologiques soient précises. Seules les stations hydrométriques à écoulement naturel possédant des enregistrements depuis au moins 10 ans et des données suffisamment précises au moment de faibles débits ont donc été choisies aux fins de la présente analyse. En plus des stations hydrométriques au Nouveau-Brunswick, la station 01DL001 (Rivière Kelly à Eight Mile Ford) située en Nouvelle-Écosse près de la frontière du Nouveau-Brunswick a été utilisée. Le tableau 1 comprend les

38 stations choisies, leur période d'enregistrement, l'écoulement minimum enregistré et leur bassin de drainage. Leur emplacement est indiqué dans la figure 1.

.... 5

TABLEAU 1

STATIONS HYDROMÉTRIQUES CHOISIES

Description de la station	Superficie de drainage (km^2)	Période d'enregistrement	Enregistrement minimum Débit quotidien (m^3/s)
01AD002 Fleuve Saint-Jean à Fort Kent	14 700	1927-88	14,4
01AD003 Rivière Saint-François à la sortie d'eau du lac Glasier	1 350	1952-88	1,69
01AG002 Ruisseau Limestone à Four Falls	199	1968-88	0,142
01AJ003 Rivière Meduxnekeag près de Belleville	1 210	1968-88	0,459
01AJ004 Ruisseau Big Presque Isle à Tracey Mills	484	1968-88	0,178
01AJ010 Ruisseau Becaguimec à Coldstream	350	1974-88	0,270
01AJ011 Ruisseau Cold à Coldstream	156	1974-88	0,057
01AK001 Ruisseau Shogomoc près de la Transcanadienne	234	1919-41, 44-88	0,048
01AK007 Ruisseau Nackawic près de Temperance Vale	240	1968-88	0,016
01AK008 Rivière Eel près de Scott Siding	531	1974-88	0,116
01AL002 Rivière Nashwaak à Durham Bridge	1 450	1962-88	2,58
01AL003 Ruisseau Hayden près de Narrows Mountain	6,48	1971-88	0,012
01AM001 Branche nord de la rivière Oromocto à Tracy	557	1963-88	0,013
01AN001 Ruisseau Castaway près de Castaway	34,4	1972-88	0,033
01AN002 Rivière Salmon à Castaway	1 050	1974-88	1,19
01AP002 Rivière Canaan à East Canaan	668	1926-41, 63-88	0,057
01AP004 Rivière Kennebecasis à Apohaqui	1 100	1961-88	1,01
01AP006 Rivière Nerepis près de Fowlers Corner	293	1976-88	0,020
01AQ001 Rivière Lepreau à Lepreau	239	1917-88	0,028
01BC001 Rivière Restigouche en aval de la rivière Kedgwick	3 160	1963-88	5,41
01BE001 Rivière Upsalquitch à Upsalquitch	2 270	1919-33, 44-88	2,24
01BJ001 Rivière Tetagouche près de Bathurst ouest	363	1923-33, 52-88	0,322

TABLEAU 1 (suite)

STATIONS HYDROMÉTRIQUES CHOISIES

Description de la station	Superficie de drainage (km^2)	Période d'enregistrement	Enregistrement minimum Débit quotidien (m^3/s)
01BJ003 Rivière Jacquet près de Durham Centre	510	1965-88	0,500
01BL001 Rivière Bass à Bass River	175	1966-88	0,012
01BL002 Rivière Caraquet à Burnsville	173	1970-88	0,345
01BL003 Rivière Big Tracadie à Murchy Bridge Crossing	383	1971-88	0,793
01BO001 Rivière Miramichi du sud-ouest à Blackville	5 050	1919-33, 62-88	9,34
01BO002 Rivière Renous au ruisseau McGraw	611	1966-88	0,677
01BO003 Rivière Barnaby en aval de la rivière Semiwagan	484	1973-88	0,272
01BP001 Petite rivière Miramichi du sud-ouest à Lyttleton	1 340	1952-88	1,70
01BQ001 Rivière Miramichi du nord-ouest à ruisseau Trout	948	1962-88	1,42
01BR001 Rivière Kouchibouguac près de Vautour	177	1971-88	0,184
01BS001 Rivière Coal Branch à Beersville	166	1965-88	0,065
01BU002 Rivière Petitcodiac près de Petitcodiac	391	1962-88	0,102
01BU003 Ruisseau Turtle à Turtle Creek	129	1963-88	0,203
01BU004 Ruisseau Palmers près de Dorchester	34,2	1967-84	0,014
01BV006 Rivière Point Wolfe au parc national Fundy	130	1964-88	0,108
01DL001 Rivière Kelley à Eight Mile Ford	63,2	1970-88	0,020

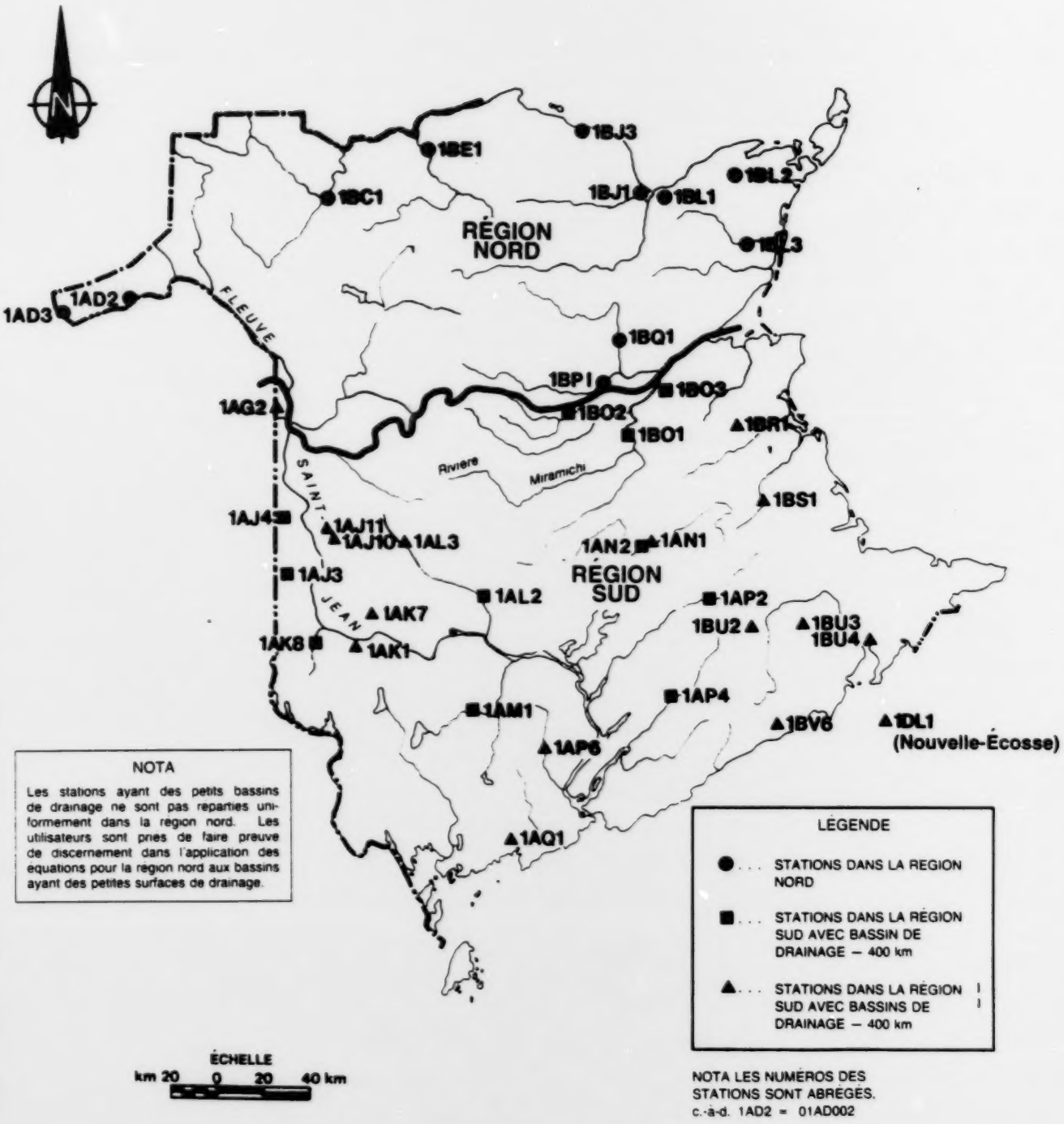


Figure 1 Régions homogènes de faible débit et stations hydrométriques servant à l'analyse.

Les écoulements quotidiens à ces stations ont servi à évaluer sur une base annuelle les débits moyens d'une durée d'au moins une journée, de 7 jours et de 14 jours à l'aide du programme informatique MEANS développé par Environnement Canada. Une année hydrologique allant du 1er mai au 30 avril a été choisie aux fins de la présente analyse. La série des minimums annuels de chaque durée a été adaptée à la distribution de fréquence Gumbel III afin d'évaluer les faibles débits de cette durée pendant une période de récurrence donnée tel que décrit dans la section suivante.

2.2 Analyses de fréquence des faibles débits

Une analyse de fréquence des faibles débits à une station unique a été effectuée à l'aide du programme LOFLOW (Condie et Cheng, 1982) pour chacune des 38 stations énumérées au tableau 1 en prenant leurs faibles débits d'une journée, de 7 jours et de 14 jours. Les faibles débits d'une journée, de 7 jours et de 14 jours calculés pour des périodes de récurrence de 2 ans, 10 ans, 20 ans et 50 ans figurent au tableau 2, 3 et 4 respectivement. Les périodes de récurrence de 50 ans et plus ne font pas partie de cette étude régionale en raison de l'incertitude liée à ces estimations. Les durées d'une journée, de 7 jours et de 14 jours pour les périodes de récurrence de 2 ans, 10 ans et 20 ans ont servi à établir les équations régionales qui sont expliquées de façon détaillée dans la prochaine section.

Les estimations des faibles débits sont, en général, moins fiables que les estimations des grands débits étant donné la grande variabilité géologique qui influe sur le déversement des eaux souterraines dans le cours d'eau. L'effet de régularisation sur les faibles débits est également considérable, ce qui limite l'accès à des données hydrométriques utiles pour les analyses de faibles débits.

TABLEAU 2

FAIBLES DÉBITS D'UNE JOURNÉE

Station	Faible débit (m^3/s) 2 ans	10 ans	20 ans	50 ans
01AD002	32,5	19,7	17,6	15,9
01AD003	3,82	2,41	2,11	1,86
01AG002	0,464	0,268	0,214	0,156
01AJ003	1,19	0,521	0,460	0,426
01AJ004	0,718	0,285	0,231	0,195
01AJ010	0,499	0,325	0,294	0,270
01AJ011	0,213	0,096	0,077	0,062
01AK001	0,289	0,101	0,077	0,060
01AK007	0,079	0,023	0,016	0,013
01AK008	0,589	0,159	0,102	0,061
01AL002	3,87	2,79	2,64	2,53
01AL003	0,022	0,015	0,014	0,013
01AM001	0,439	0,061	0,022	0,0
01AN001	0,086	0,046	0,039	0,034
01AN002	2,11	1,27	1,16	1,09
01AP002	0,476	0,160	0,115	0,083
01AP004	2,82	1,60	1,32	1,07
01AP006	0,249	0,071	0,028	0,0
01AQ001	0,410	0,109	0,072	0,047
01BC001	9,96	7,00	6,34	5,73
01BE001	5,80	3,59	3,12	2,70
01BJ001	0,681	0,401	0,365	0,341
01BJ003	0,999	0,628	0,565	0,515
01BL001	0,090	0,031	0,022	0,015
01BL002	0,675	0,430	0,389	0,356
01BL003	1,57	0,985	0,891	0,819
01BO001	19,4	12,7	11,3	10,1
01BO002	1,30	0,754	0,689	0,646
01BO003	0,596	0,316	0,268	0,230
01BP001	5,18	3,07	2,58	2,12
01BQ001	2,83	1,82	1,64	1,48
01BR001	0,426	0,251	0,216	0,186
01BS001	0,199	0,096	0,081	0,070
01BU002	0,442	0,183	0,146	0,119
01BU003	0,332	0,238	0,222	0,209
01BU004	0,041	0,018	0,015	0,011
01BV006	0,381	0,168	0,139	0,118
01DL001	0,087	0,038	0,026	0,014

TABLEAU 3

FAIBLES DÉBITS PENDANT SEPT JOURS

Station	Faible débit (m^3/s) 2 ans	10 ans	20 ans	50 ans
01AD002	34,4	20,5	18,2	16,3
01AD003	4,00	2,53	2,23	1,96
01AG002	0,517	0,311	0,251	0,185
01AJ003	1,50	0,655	0,565	0,509
01AJ004	0,997	0,405	0,296	0,206
01AJ010	0,599	0,384	0,342	0,306
01AJ011	0,258	0,117	0,093	0,073
01AK001	0,321	0,117	0,091	0,074
01AK007	0,116	0,032	0,021	0,014
01AK008	0,719	0,213	0,135	0,076
01AL002	4,38	2,98	2,77	2,62
01AL003	0,025	0,017	0,015	0,014
01AM001	0,512	0,084	0,039	0,012
01AN001	0,092	0,050	0,043	0,038
01AN002	2,24	1,32	1,21	1,13
01AP002	0,568	0,172	0,120	0,084
01AP004	3,06	1,77	1,52	1,31
01AP006	0,317	0,072	0,017	0,0
01AQ001	0,498	0,143	0,097	0,066
01BC001	10,0	7,56	7,17	6,87
01BE001	6,21	3,89	3,38	2,91
01BJ001	0,693	0,447	0,426	0,413
01BJ003	1,05	0,665	0,600	0,549
01BL001	0,109	0,039	0,028	0,019
01BL002	0,718	0,467	0,426	0,394
01BL003	1,63	1,00	0,907	0,834
01BO001	20,3	13,7	12,5	11,5
01BO002	1,53	0,892	0,807	0,748
01BO003	0,668	0,377	0,333	0,301
01BP001	5,62	3,43	2,94	2,48
01BQ001	3,05	1,97	1,77	1,61
01BR001	0,458	0,282	0,251	0,226
01BS001	0,228	0,113	0,098	0,088
01BU002	0,487	0,229	0,198	0,178
01BU003	0,365	0,263	0,249	0,239
01BU004	0,057	0,029	0,023	0,018
01BV006	0,465	0,205	0,167	0,139
01DL001	0,100	0,041	0,031	0,022

TABLEAU 4

FAIBLES DÉBITS PENDANT QUATORZE JOURS

Station	Faible débit (m^3/s)			
	2 ans	10 ans	20 ans	50 ans
01AD002	36,9	21,6	19,0	16,8
01AD003	4,20	2,65	2,33	2,03
01AG002	0,562	0,348	0,287	0,222
01AJ003	1,79	0,756	0,629	0,544
01AJ004	1,15	0,478	0,343	0,224
01AJ010	0,715	0,437	0,368	0,300
01AJ011	0,303	0,142	0,116	0,095
01AK001	0,342	0,133	0,110	0,096
01AK007	0,140	0,032	0,021	0,015
01AK008	0,813	0,255	0,169	0,104
01AL002	4,65	3,22	3,04	2,92
01AL003	0,027	0,018	0,017	0,015
01AM001	0,587	0,086	0,040	0,013
01AN001	0,101	0,055	0,048	0,042
01AN002	2,38	1,40	1,27	1,19
01AP002	0,646	0,177	0,124	0,090
01AP004	3,26	1,93	1,74	1,60
01AP006	0,393	0,096	0,031	0,0
01AQ001	0,578	0,168	0,118	0,084
01BC001	10,3	7,83	7,47	7,22
01BE001	6,56	4,11	3,56	3,05
01BJ001	0,737	0,463	0,438	0,424
01BJ003	1,09	0,688	0,620	0,567
01BL001	0,129	0,046	0,032	0,021
01BL002	0,732	0,502	0,475	0,458
01BL003	1,70	1,03	0,932	0,855
01BO001	21,7	14,6	13,3	12,2
01BO002	1,73	0,978	0,887	0,827
01BO003	0,726	0,415	0,372	0,341
01BP001	6,01	3,76	3,26	2,80
01BQ001	3,26	2,11	1,90	1,74
01BR001	0,487	0,305	0,277	0,256
01BS001	0,256	0,127	0,112	0,102
01BU002	0,567	0,264	0,223	0,194
01BU003	0,386	0,276	0,262	0,253
01BU004	0,074	0,034	0,027	0,021
01BV006	0,505	0,241	0,208	0,185
01DL001	0,117	0,046	0,037	0,031

3.0 ANALYSE RÉGIONALE DE FRÉQUENCE DES FAIBLES DÉBITS

3.1 Méthode d'analyse

Puisque les caractéristiques hydrologiques diffèrent d'un bassin de drainage à l'autre, les résultats d'analyse de fréquence des faibles débits d'une station unique sont mieux appliqués aux endroits sur le même cours d'eau à la station hydrométrique ou près de celle-ci. Les résultats peuvent également servir à des bassins semblables avoisinants. La grande partie des projets de ressources en eau sont cependant habituellement entrepris lorsqu'on ne peut appliquer une répartition proportionnelle. Les relations régionales sont donc établies dans le but d'obtenir des estimations des faibles débits à des sites non jaugés dans une zone de faible débit homogène ayant des caractéristiques climatiques et de géographie physique similaires.

Ces régions homogènes ont été définies en étudiant l'analyse de fréquence de faibles débits d'une station unique ainsi que les caractéristiques climatiques et de géographie physique. Les équations de régression régionales pour la période de récurrence de dix ans et le faible débit d'une durée de 7 jours ont alors été déterminés. On a comparé l'estimation des faibles débits régionaux et d'une station unique pour les stations situées près des limites régionales, ce qui a mené à d'autres raffinements des régions homogènes et a ainsi permis de finaliser les limites entre les régions nord et sud comme le démontre la figure 1.

La limite divise le bassin hydrographique de la rivière Miramichi en deux. La rivière Miramichi du nord-ouest et ses tributaires sont considérés comme étant dans la région nord et la rivière Miramichi du sud-ouest et ses distributaires, dans la région sud. Toutefois, si un bassin de drainage à l'étude se trouve près ou en bordure des limites entre les régions, il serait peut-être avantageux de comparer les résultats obtenus à l'aide d'une relation appropriée pour la région nord et la région sud.

Dans l'estimation des faibles débits, le bassin de drainage, les périmètres du bassin, les précipitations annuelles moyennes et la latitude se sont avérés des variables très utiles. D'autres variables climatiques et de géographie physique tels que les lacs et les marécages, le ruissellement annuel moyen, la longitude et la teneur moyenne en eau de la couverture de neige ont été étudiées mais n'ont pas amélioré davantage l'estimation des faibles débits faite à l'aide des équations régionales.

La géologie a influé grandement sur les faibles débits car elle a un effet sur l'écoulement des eaux souterraines dans un cours d'eau. Les marées de vive eau peuvent être une source importante de débits pendant une période de faible débit. Il est toutefois difficile d'évaluer les effets de la géologie sur les faibles débits. On a cependant tenté d'établir une relation entre les indices d'accès à l'eau souterraine dans l'analyse de régression. Même si ces données particulières sur les eaux souterraines n'ont pas amélioré l'estimation régionale de

régression, ce secteur d'étude offre toutes sortes de possibilités et devrait être pris en considération dans d'autres études.

L'analyse de régression régionale consiste à déterminer la relation entre les faibles débits (la variable indépendante) d'une période de récurrence donnée et la durée à ces sites avec des enregistrements de débits de cours d'eau et les variables climatiques et de géographie physique dépendantes (voir tableau 5) décrivant le drainage des bassins hydrographiques dans ces endroits.

Les analyses de régression ont été effectuées sur divers sous-ensemble de données complètes, notamment pour toute la province, pour les régions homogènes de faible débit du nord et du sud et pour différentes dimensions de bassin.

3.2 Résultats des analyses de régression

Les équations de régression pour la région nord sont dérivées, (toutes les dimensions de bassin) ainsi que pour la région sud, une équation étant utilisée pour une superficie de drainage de 400 km^2 ou plus et une autre équation pour une superficie de drainage de moins de 400 km^2.

L'équation pour la région nord prend la forme générale suivante :

$$FD_{R,D} = (c\sqrt{BD} + d\sqrt{PAM} + k)^2$$

où FD = le faible débit (m^3/s); pour la période de récurrence R et la durée D;

BD = bassin de drainage (km^2) en amont du site;

PAM = la précipitation annuelle moyenne (mm) du bassin (voir figure 2);

c,d = coefficient de régression du tableau 6; et

k = constante de régression du tableau 6.

.... 17

TABLEAU 5
VARIABLES CLIMATIQUES ET DE GÉOGRAPHIE PHYSIQUE
POUR DES BASSINS HYDROGRAPHIQUES JAUGÉS CHOISIS

		BD (km^2)	SLM (km^2)	%SLM	PAM (mm)	NEIGE (eau en mm)	PÉRIMÈTRE (km)	RAM (mm)	LAT (^{o})	LONG (^{o})
01AD002	SAINT-JEAN	14700	839.22	5.709	996.9	230.94	1183	592.10	47.2569	68.5931
01AD003	SAINT-FRANÇOIS	1350	37.94	2.81	1057.9	224.17	258.95	593.34	47.2069	68.9569
01AG002	LIMESTONE	199	19.45	9.78	975	158.76	77.25	592.69	46.8283	67.7431
01AJ003	MEDUXNEKEAG	1210	67.8	5.61	957.9	156.96	233.5	669.81	46.2161	67.7283
01AJ004	BIG PRESQUE ISLE	484	17.63	3.7	925	140.17	137.55	643.10	46.4378	67.7447
01AJ010	BECAGUIMEC	350	2.68	0.77	1131.3	125.75	106.2	684.78	46.3408	67.4661
01AJ011	COLD STREAM	156	0.12	0.077	1098.1	128.76	72	652.96	46.3422	67.4692
01AK001	SHOGOMOC	234	27.95	11.94	1115	147	100.4	675.19	45.9450	67.3222
01AK007	NACKAWIC	240	12.26	5.11	1057.4	128.66	83.8	672.77	46.0492	67.2403
01AK008	EEL	531	70.4	13.26	1068.6	142.05	168.25	635.47	45.9367	67.5469
01AL002	NASHWAAK	1450	20.14	1.39	1213.4	166.56	237.25	772.09	46.1258	66.6122
01ALOO3	HAYDEN	6.48	0.036	0.56	1225	190	11.05	910.07	46.2989	67.0369
01AM001	OROMOCTO DU NORD-OUEST	557	84.31	15.13	1153.1	116.56	135.2	685.07	45.6736	66.6828
01AN001	CASTAWAY	34.4	2.27	6.6	1175	130	27	839.74	46.2983	65.7119
01AN002	SALMON	1050	67.3	6.41	1132.8	145.93	165.05	708.81	46.2911	65.7233
01AP002	CANAAN	668	23.84	3.57	1040.3	137.19	152.85	627.89	46.0719	65.3667
01AP004	KENNEBECASIS	1100	7.93	0.72	1189.1	107.55	199	728.19	45.7019	65.6013
01AP006	NEREPIS	293	3.74	1.28	1141.7	110	82.1	725.44	45.5022	66.3206
01AQ001	LEPREAU	239	24.21	10.2	1236.4	100.9	113.85	976.43	45.2033	66.4667
01BC001	RESTIGOUCHE	3160	23.03	0.73	1142.4	240.28	431.2	667.65	47.6667	67.4842
01BE001	UPSALQUITCH	2270	14.12	0.63	1084.9	231.62	305.65	573.76	47.8317	66.8817
01BJ001	TETAGOUCHE	363	8.16	2.24	988.4	234.6	148	674.16	47.6558	65.6936
01BJ003	JACQUET	510	10.24	2	1053.3	234.77	152	655.45	47.8978	66.0297
01BL001	BASS	175	14.2	8.11	1012.6	208.58	78.8	574.86	47.6500	65.5778
01BL002	CARAQUET	173	18	10.41	1125	194.36	55.96	685.41	47.7056	65.1550
01BL003	TRACADIE	383	8.96	2.34	1094	204.23	92.19	699.06	47.4350	65.1069
01BO001	MIRAMICHI DU SUD-OUEST	5050	177.76	3.52	1094.9	176.51	611.45	730.64	46.7361	65.8267
01BO002	RENOUS	611	38	6.22	1181.6	198.74	142.81	763.88	46.8214	66.1147
01BO003	BARNABY	484	51.64	10.67	1075	170	103.62	650.27	46.8886	65.5956
01BP001	PETITE MIRAMICHI DU SUD-OUEST	1340	67.76	5.06	1183.9	222.16	259	771.93	46.9358	65.9072
01BQ001	MIRAMICHI DU NORD-OUEST	948	37.56	3.96	1129.9	213.2	201.07	711.89	47.0947	65.8372
01BR001	KOUCHIBOUGUAC	177	20.76	11.73	1050	160.82	66.4	682.39	46.7433	65.2047
01BS001	COAL BRANCH	166	8.67	5.23	1071.7	150	73.5	712.41	46.4436	65.0653
01BU002	PETITCODIAC	391	2.99	0.76	1029.2	123.76	155.2	651.69	45.9436	65.1703
01BU003	TURTLE	129	0.4	0.31	1311.2	125	57.25	892.30	45.9581	64.8789
01BU004	PALMER'S	34.2	0.05	0.148	1212.5	98	28.15	861.25	45.8872	64.5164
01BV006	POINT WOLFE	130	1.36	1.05	1389.7	139.6	72.25	1278.42	45.5589	65.0172
01DL001	KELLY	63.2	2.706	4.29	1250	50	39.8	983.01	45.5861	64.4514

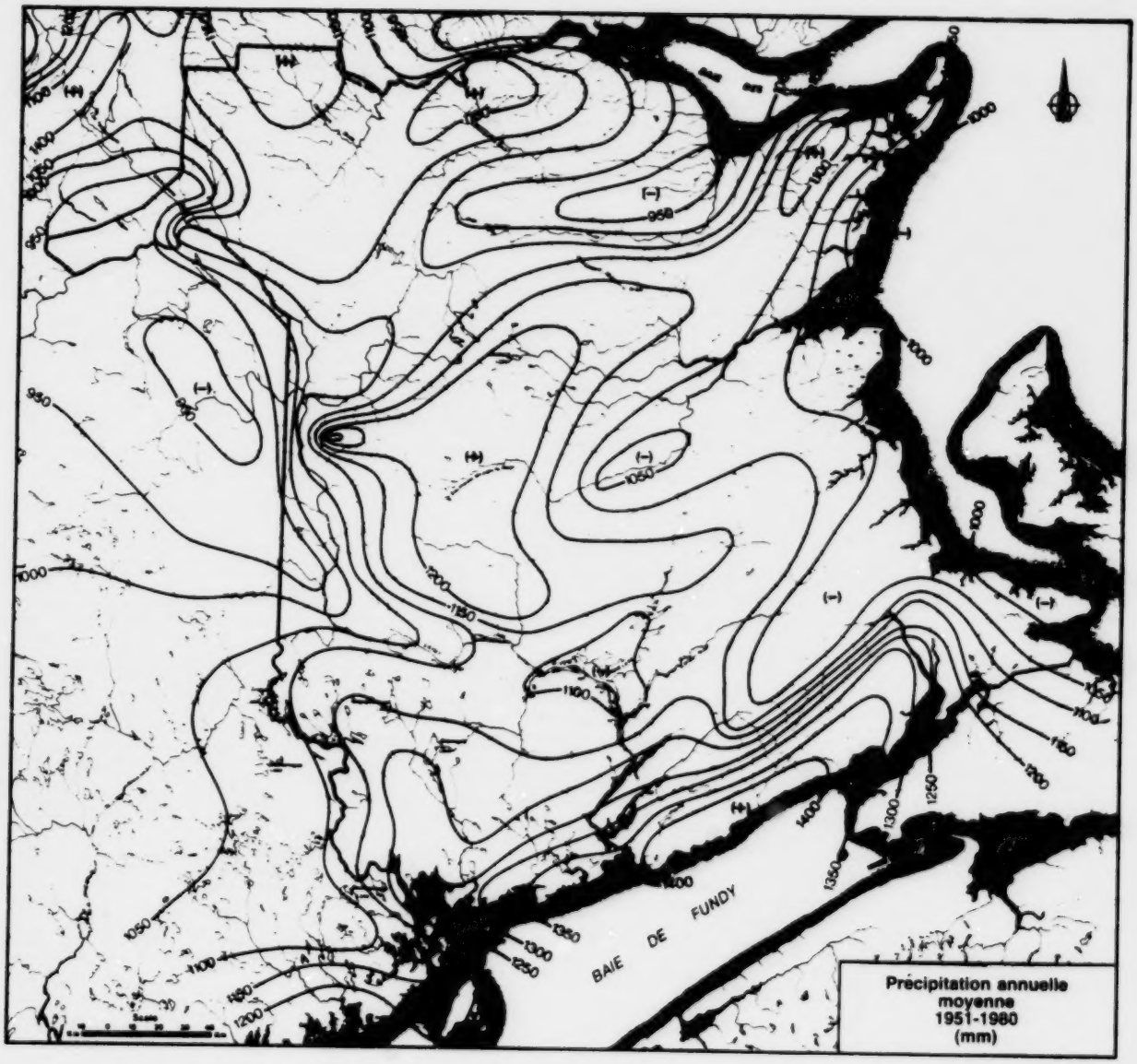


Figure 2 Précipitation annuelle moyenne (1951-1980)

TABLEAU 6

ÉQUATION DE RÉGRESSION RÉGIONALE

POUR LA RÉGION NORD

$$FD_{R,D} = (c\sqrt{BD} + d\sqrt{PAM} + k)^2$$

PÉRIODE DE RÉCURRENCE	DURÉE	c	d	k	c^2	E.T. (m^3/s)
2 ans	1 jour	0.049	0.245	-7.966	0.9987	0.379
	7 jours	0.051	0.250	-8.121	0.9992	0.318
	14 jours	0.052	0.248	-8.059	0.9992	0.332
10 ans	1 jour	0.039	0.222	-7.239	0.9949	0.454
	7 jours	0.040	0.240	-7.820	0.9943	0.503
	14 jours	0.041	0.251	-8.162	0.9956	0.462
20 ans	1 jour	0.037	0.206	-6.701	0.9937	0.452
	7 jours	0.038	0.232	-7.532	0.9902	0.586
	14 jours	0.038	0.249	-8.076	0.9917	0.562

NOTA:

Échelle de variables indépendantes utilisées dans les équations de régression:

173,0 km² < BD < 14 700 km²
988,4 mm < PAM < 1183,9 mm

Nombre de stations dans la région: 11

L'équation pour les bassins de drainage de 400 km^2 ou plus dans la région sud prend la forme générale suivante :

$$FD_{R,D} = (e\sqrt{PAM} + f\sqrt{P} + g\sqrt{LAT} + k)^2$$

où FD = le faible débit (m^3/s); pour la période de récurrence R et la durée D;

PAM = la précipitation annuelle moyenne (mm) du bassin;

P = le périmètre (km) du bassin de drainage en amont du point d'intérêt;

LAT = la latitude en (°), minutes et secondes exprimés sous forme décimale de la sortie d'eau du bassin au point d'intérêt;

e,f,g = coefficients de régression du tableau 7; et

k = constante de régression du tableau 7.

L'équation pour les bassins de drainage de moins de 400 km^2 dans la région sud prend la forme générale suivante :

$$FD_{R,D} = \frac{l(PAM) + m(P) + n(LAT) + k}{100}$$

où FD = le faible débit (m^3/s); pour la période de récurrence R et la durée D;

PAM = la précipitation annuelle moyenne (mm) du bassin;

P = le périmètre (km) du bassin de drainage en amont du point d'intérêt;

LAT = la latitude en (°), minutes et secondes exprimés sous forme décimale de la sortie d'eau du bassin au point d'intérêt;

l,m,n = coefficients de régression du tableau 8; et

k = constante de régression du tableau 8.

.... 22

TABLEAU 7

ÉQUATION DE RÉGRESSION RÉGIONALE POUR LES BASSINS DE LA RÉGION SUD AYANT UNE SUPERFICIE DE DRAINAGE ⩾ 400 km²

$$FD_{R,D} = (e\sqrt{PAM} + f\sqrt{P} + g\sqrt{LAT} + k)^2$$

PÉRIODE DE RÉCURRENCE (R)	DURÉE (D)	e	f	g	h	c^2	E.T. (m^3/s)
2 ans	1 jour	-	0.263	-	-2.255	0.9726	0.964
	7 jours	0.146	0.254	6.111	-48.431	0.9923	0.604
	14 jours	0.140	0.262	6.256	-49.248	0.993	0.616
10 ans	1 jour	0.162	0.211	6.763	-53.283	0.9920	0.394
	7 jours	0.156	0.217	7.033	-54.899	0.9921	0.418
	14 jours	0.155	0.223	7.239	-56.337	0.9918	0.455
20 ans	1 jour	0.160	0.201	7.079	-55.291	0.9908	0.379
	7 jours	0.160	0.209	7.375	-57.333	0.9919	0.389
	14 jours	0.165	0.215	7.496	-58.372	0.9910	0.436

NOTA:

Échelle de variables indépendantes utilisées dans les équations de régression:

925,0 mm < PAM < 1213,4 mm
103,6 km < P < 611,5 km
45,6736° < LAT < 46,8886°

Nombre de stations dans la région (⩾ 400 km²): 11

TABLEAU 8

ÉQUATION DE RÉGRESSION RÉGIONALE POUR LES BASSINS DE LA RÉGION SUD AYANT UNE SUPERFICIE DE DRAINAGE < 400 km²

$$FD_{R,D} = \frac{l(PAM) + m(P) + n(LAT) + k}{100}$$

PÉDIODE DE RÉCUR-RENCE	DURÉE	l	m	n	k	c^2	E.T. (m^3/s)
2 ans	1 jour	0.108	0.517	27.782	-1415.187	0.7513	0.092
	7 jours	0.123	0.591	29.259	-1501.586	0.7491	0.105
	14 jours	0.127	0.663	29.558	-1521.554	0.7513	0.118
10 ans	1 jour	0.083	0.280	25.285	-1268.547	0.7223	0.058
	7 jours	0.098	0.338	29.052	-1460.184	0.7506	0.064
	14 jours	0.107	0.381	31.460	-1583.080	0.7522	0.071
20 ans	1 jour	0.083	0.251	24.736	-1243.201	0.7550	0.049
	7 jours	0.097	0.306	28.767	-1446.743	0.7849	0.054
	14 jours	0.106	0.340	31.012	-1561.309	0.7978	0.057

NOTA:

Échelle de variables indépendantes utilisées dans les équations de régression:

975,0 mm < PAM < 1389,7 mm
28,1 km < P < 155,2 km
45,2033° < LAT < 46,8283°

Nombre de stations dans la région (<400 km²): 16

Les coefficients de détermination, les coefficients R au carré et les erreurs types des équations de régression sont indiqués aux tableaux 6, 7 et 8 pour chaque équation de régression. Ces tableaux illustrent également l'échelle des variables climatiques et de géographie physique qui a servi de base à la dérivation des équations. Les équations sont limitées par l'échelle utilisée pour les développer et ne devraient pas être appliquées à l'extérieur des échelles sans tenir compte des effets sur l'exactitude de l'estimation des faibles débits.

En menant cette étude, on a réalisé que la précision des équations de régression dérivées dans l'estimation des faibles débits serait limitée en raison de l'écart entre la couverture géographique des stations hydrométriques et les dimensions diverses des bassins de drainage. Par exemple, il n'existe pour les petits bassins non régularisés dans le nord-ouest du Nouveau-Brunswick aucun enregistrement hydrométrique pouvant servir à des analyses de régression. Les petits bassins de drainage jaugés (< 400 km^2) sont tous situés dans la partie est de la région nord. Cette situation rend l'application des équations aux petits bassins dans le nord-ouest de la province plus douteuse. L'utilisateur est donc prié de faire preuve de discernement.

3.3 Courbes enveloppes

Les courbes enveloppes constituent une technique rapide et simple pour évaluer les faibles débits mais, règle générale, elles donnent des estimations moins élevées que les équations régionales.

Ces courbes sont établies en traçant les faibles débits pour une période de récurrence donnée par rapport à leurs bassins de drainage et en établissant une limite inférieure pour ces données. Les faibles débits d'une durée d'un jour, de 7 jours et de 14 jours sont tellement rapprochés qu'une courbe simple a été préparée pour les périodes de récurrence (2, 10, 20 et 50 ans).

D'après les données recueillies, ces courbes indiquent en grande partie une limite inférieure pour les faibles débits. Par exemple, l'estimation des faibles débits des bassins hydrographiques ayant un degré d'entreposage considérable sous forme de lacs et de marécages pourrait être grandement sous-estimée. Toutefois, dans le cas des escarpements et des cours d'eau ayant un débit entrant faible, il est toujours possible que ces courbes surestiment les faibles débits.

Pendant la conception du traçé, il faut retenir que les courbes enveloppes des faibles débits fournissent presque toujours une sous-estimation des faibles débits. Dans le cas de nombreux tracés, une estimation plus conservatrice telle que fournie par les courbes enveloppes peut s'avérer utile pour au moins fournir un point de départ raisonnable.

La figure 3 indique les courbes des faibles débits pour les périodes de récurrence de 2, 10, 20 et 50 ans.

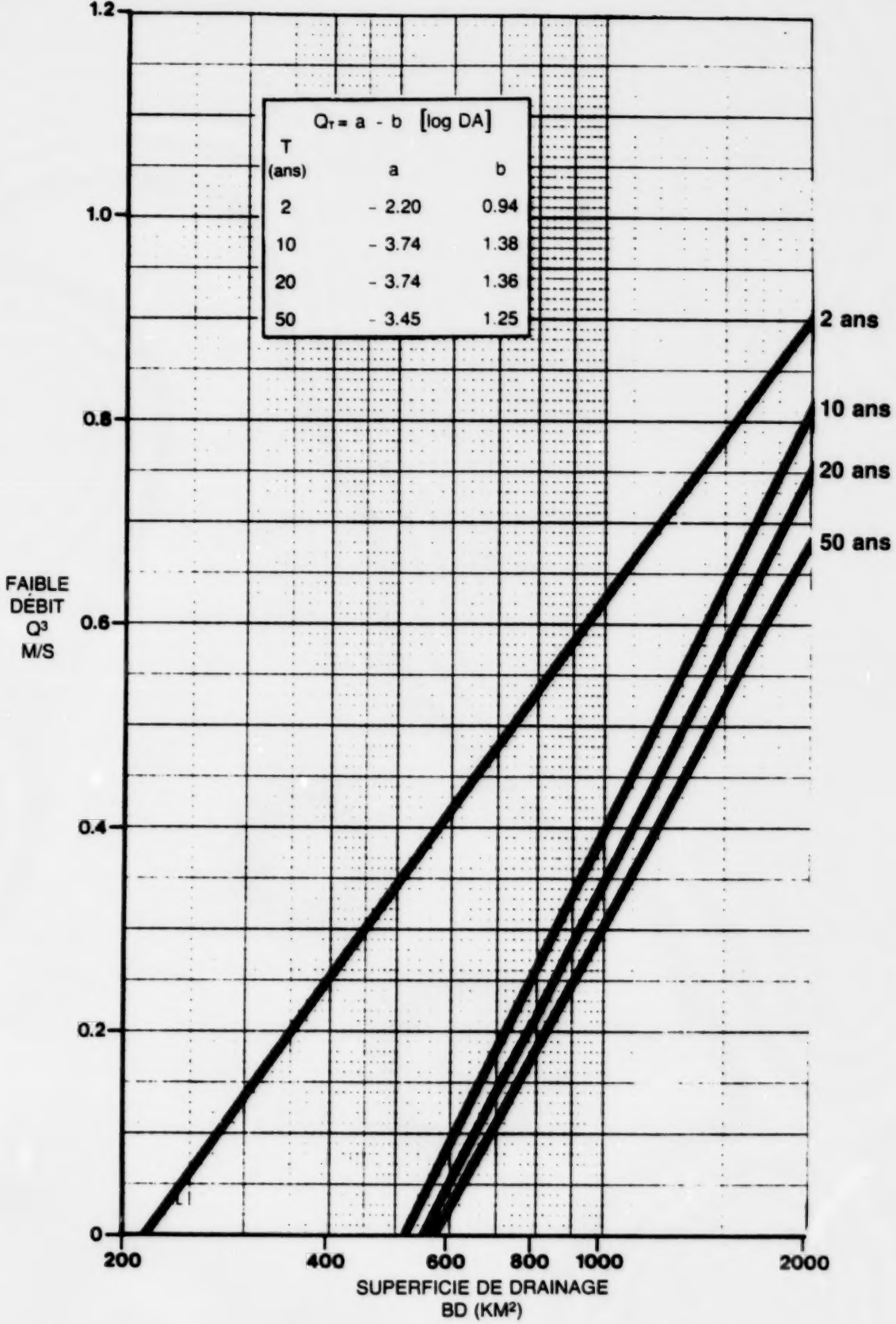


Figure 3 Courbes Enveloppes de Faibles Débits

L'équation suivante décrit les courbes enveloppes.

$Q_R = a + b$ [log BD] avec $Q_R > 0$ toujours

où Q_R = le faible débit d'un jour de l'enveloppe pour un intervalle de récurrence R en année;

a = constante de l'équation;

b = coefficient d'équation; et

BD = bassin de drainage.

D'après les courbes enveloppes, un débit nul peut survenir aux périodes de récurrence de 2, 10, 20 et 50 ans pour les bassins de moins de 217, 514, 558 et 574 km^2 respectivement. En raison de la rareté des données pour les grands bassins, les courbes n'ont pas été tracées pour les superficies de drainage de plus de 2 000 km^2.

4.0 PROGRAMME D'APPLICATIONS

Un programme informatique interactif "HIGHLOW" facilement utilisable a été créé afin d'évaluer les faibles débits ou les débits de crues par répartition proportionnelle des résultats des analyses de fréquence d'une station unique ou par l'utilisation d'équations de régression régionales.

Le programme "HIGHLOW" a été conçu pour faciliter l'utilisation des équations de régression régionales présentées dans ce présent rapport. Le programme choisit l'équation de régression et les coefficients appropriés lorsque la région et la période de récurrence et la durée souhaitées ont été précisées. L'utilisateur est par la suite invité à introduire les paramètres climatiques et de géographie physique dans une analyse régionale ou un bassin de drainage dans le cas de la répartition proportionnelle des résultats d'une station unique.

Le programme aide ceux qui peuvent avoir éprouvé une certaine difficulté à interpréter et à utiliser différentes sections du présent rapport dans l'évaluation des faibles débits. Il élimine également toute erreur de calcul et autre erreur dans la recherche de coefficients et de constantes de régression.

Le programme peut également servir à estimer les débits de crues régionales en fonction des équations régionales présentées dans les rapports d'analyse de fréquence des crues (Environnement

Canada et ministère des Affaires municipales et de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, 1987). Veuillez vous reporter au rapport pour une description de la méthode de calcul des débits de crues.

Le programme est écrit pour les ordinateurs compatibles IBM. Prière de communiquer avec la Direction de la planification des ressources en eau du ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, C.P. 6000, Fredericton (N.-B.) E3B 5H1, (téléphone : (506) 453-2353)) pour obtenir des copies du programme.

5.0 DESCRIPTION DES TECHNIQUES D'ESTIMATION DE FAIBLES DÉBITS

5.1 Généralités

La présente section porte sur l'estimation des faibles débits à l'aide des résultats de cette étude. Les étapes décrites ici servent uniquement à orienter l'utilisateur du rapport.

Avant d'entreprendre l'estimation des faibles débits, il faut choisir la période de récurrence et la durée souhaitées. Au Nouveau-Brunswick, les faibles débits suivants sont souvent utilisés :

- période de récurrence de 10 ans, durée de 7 jours pour la protection de l'environnement et le génie sanitaire; et
- période de récurrence de 20 ans, durée de 7 jours pour les projets d'approvisionnement en eau des villes et des industries.

L'utilisateur peut choisir une durée ou une période de récurrence différente selon l'application particulière envisagée. Le degré de risque acceptable doit également être évalué au moment de la décision. La technique d'estimation des faibles débits sur le site jaugé d'une station (hydrométrique) et celle sur les sites non jaugés diffèrent et sont décrites séparément ci-dessous.

5.2 Estimation des faibles débits à des sites jaugés

1) À l'aide du programme informatique "HIGHLOW" ou du tableau 1, identifiez la station et le nombre de stations hydrométriques correspondant pour lesquelles une estimation du débit des crues est nécessaire.

2) À l'aide des résultats des analyses de fréquence d'une station unique fournis par le programme informatique "HIGHLOW" ou indiqués aux tableaux 2, 3 et 4, trouvez les faibles débits pour la durée et les intervalles de récurrence requise.

   Pour les faibles débits :
   - d'une durée d'un jour, utilisez le tableau 2.
   - d'une durée de sept jours, utilisez le tableau 3.
   - d'une durée de quatorze jours, utilisez le tableau 4.

3) Les analyses de fréquence d'une station unique peuvent être effectuées à l'aide de données à jour, si elles sont disponibles. (La Direction de la planification des ressources en eau possède un programme informatique "MONTHLF" qui permet de calculer annuellement et mensuellement les faibles débits d'une durée quelconque à partir d'un ensemble de données sur l'écoulement quotidien de la Direction des ressources en eau d'Environnement Canada. Ce programme est disponible sur demande.)

4) Dans le cas d'une station d'écoulement naturel dont la période d'enregistrement était de moins de 10 ans à la fin de 1987, les données n'apparaissent pas au tableau 1 et l'utilisateur doit se reporter à (3) ci-dessus ou à la section suivante sur les sites non jaugés.

5.3 Estimation des faibles débits à des sites non jaugés

1) Repérez le site sur une carte topographique et délimitez la ligne de partage des eaux en amont du site non jaugé.
Les lignes directrices suivantes peuvent être suivies pour le choix d'une échelle de cartes du Système national de référence cartographique.

Superficie en km^2	Échelle de la carte
> 2 000	1:250 000
200 - 2 000	1:50 000
< 200	Utilisez des photos aériennes ou des cartes à échelle plus grande, faisant appel à une échelle de 1:50 000 comme guide de référence.

2) Utilisez la figure 1 pour déterminer dans quelle région le bassin est situé.

Il existe deux régions : la région nord et la région sud.

Le bassin de la rivière Miramichi s'étend dans les deux régions.

La rivière Miramichi du nord-ouest et ses tributaires sont considérés comme étant dans la région nord et la rivière Miramichi du sud-ouest et ses tributaires, dans la région sud. Cependant, si un bassin de drainage à l'étude se trouve près ou en bordure des limites entre les régions, il peut s'avérer avantageux de comparer les résultats obtenus à l'aide des deux relations appropriées pour les régions nord et sud.

Si le bassin se trouve dans la région sud, il faudra déterminer si la superficie de drainage du bassin à l'étude est de 400 km^2 ou plus, ou moins de 400 km^2 (voir étape 8). Il serait peut-être avantageux de comparer les résultats obtenus à l'aide des relations pour les petits et les grands bassins lorsque la superficie de drainage se situe aux alentours de 400 km^2.

3) Choisissez la période de récurrence et la durée souhaitées. Ce choix dépend du risque jugé acceptable par l'utilisateur. Dans le présent rapport, l'information est présentée de façon à ce que les faibles débits puissent être déterminés pour trois périodes de récurrence distinctes (2, 10 et 20 ans) et pour trois durées différentes (1, 7 et 14 jours).

4) Déterminez s'il existe à proximité une station hydrographique dans le même bassin. S'il n'y en a pas, passez à l'étape 5 qui décrit la méthode d'analyse régionale.

S'il existe une station hydrométrique dans le même bassin ou dans un bassin semblable à proximité, utilisez la méthode de répartition proportionnelle décrite ci-dessous ou le programme informatique "HIGHLOW" (choisissez l'option de répartition proportionnelle d'une station unique).

On obtient l'estimation du faible débit en multipliant les résultats d'analyse de fréquence de faible débit d'une station unique au site de jaugeage par le rapport de la superficie de drainage du bassin comme suit :

$$(FD_{\text{au site non jaugé}})_{R,D} = (FD_{\text{au site jaugé}})_{R,D} \quad \left(\frac{BD_{\text{site non jaugé}}}{BD_{\text{site jaugé}}}\right)$$

où FD = faible débit; et

BD = bassin de drainage.

Du point de vue technique, il sera peut-être nécessaire d'apporter un ajustement afin de refléter l'effet dû aux paramètres hydrométérologiques et de géographie physique différents.

Si la différence dans la superficie de surface dépasse 10 %, il faut accorder une attention particulière à la répartition proportionnelle des bassins. En général, la répartition proportionnelle ne devrait pas être utilisée lorsqu'il y a une différence de plus de 50 %. Plus la différence dans la

superficie est grande, plus l'estimation des faibles débits sera douteuse.

5) Estimation des paramètres requis.

Il faut évaluer la précipitation annuelle moyenne (PAM) en mm puisqu'il s'agit d'un paramètre commun à toutes les équations de régression. Déterminez la précipitation annuelle moyenne pour le bassin de drainage à l'aide de la figure 2.

L'abattement pondéré est la meilleure approche. La valeur au centre de gravité du bassin vient en deuxième. L'interpolation avec les stations météorologiques à proximité est également acceptable mais elle n'est pas aussi précise, surtout pour les grands bassins hydrographiques. La sensibilité des faibles débits au PAM peut être estimée à l'aide des valeurs de PAM pour le bassin dans les équations de régression.

Pour un bassin dans la région nord, le seul autre paramètre requis est le bassin de drainage (BD) en amont du site. Ce paramètre est défini en mesurant la superficie à l'intérieur de la ligne de partage des eaux délimitée à l'étape 1.

Pour un bassin dans la région sud, il faut déterminer le périmètre (P) du bassin de drainage et la latitude (LAT) de la sortie d'eau du bassin au point d'intérêt. Les deux

paramètres peuvent être établis à l'aide de cartes du Système national de référence cartographique.

6) Déterminez si les paramètres sont compris dans les échelles spécifiées pour lesquelles les équations sont jugées applicables tel qu'il est indiqué au bas des tableaux 6, 7 et 8. Plus la valeur d'un paramètre s'approche des limites de l'échelle de ce paramètre, plus il y a d'incertitudes liées aux estimations de débits.

Si une valeur de paramètre tombe à l'extérieur de l'échelle spécifiée, la valeur estimée des faibles débits sera moins fiable. L'utilisation d'une autre équation éliminera le paramètre problème des calculs, mais ce paramètre problème peut toujours influer grandement sur les débits. Dans un tel cas, l'estimation des faibles débits peut être comparée à celle définie par répartition proportionnelle pour une station unique à proximité afin d'obtenir une évaluation de la fiabilité possible de l'estimation.

Si vous utilisez le programme interactif "HIGHLOW", vous recevez un message d'avertissement dès qu'une valeur de paramètre tombe à l'extérieur de l'échelle spécifiée.

La précipitation annuelle moyenne (PAM) est un paramètre important commun à toutes les équations de régression. Si sa valeur tombe à l'extérieur de l'échelle, l'équation ne peut

pas s'avérer satisfaisante pour estimer les débits.

7) Choisissez le coefficient et la constante appropriés à partir des tableaux 6, 7 ou 8 pour la période de récurrence et la durée souhaitées des faibles débits moyens quotidiens ou utilisez le programme informatique "HIGHLOW".

Veuillez noter que des relations séparées ont été présentées pour la région nord; pour les bassins de 400 km^2 ou plus et les bassins de moins de 400 km^2 dans la région sud. Les coefficients et les constantes ne sont pas interchangeables pour différentes relations.

8) Calculez l'estimation des faibles débits à l'aide des équations choisies ainsi que des paramètres, des constantes et des coefficients appropriés.

En utilisant les équations pour les bassins de moins de 400 km^2 dans la région sud, il faut retenir que la valeur obtenue de la numération du côté droit de l'équation doit être divisée par 100 pour donner l'estimation du faible débit.

Il faut faire preuve de jugement du point de vue technique et tenir compte de tous les paramètres qui peuvent influer sur les faibles débits.

6.0 EXEMPLES

Les exemples suivants peuvent servir à faire comprendre les techniques susmentionnées.

Exemple un : **DÉTERMINER LE FAIBLE DÉBIT À UN SITE JAUGÉ**

Objet : Déterminer le faible débit du fleuve Saint-Jean à Fort Kent pendant une période de récurrence de 10 ans et une durée de 7 jours.

Bassin de drainage : À partir du tableau 1 intitulé "Résumé des informations hydrologiques pour des stations hydrométriques choisies", le bassin de drainage en amont du fleuve Saint-Jean à Fort Kent, station 01AD002 est de 14 700 km^2.

Solution : 1) Analyse de la fréquence d'une station unique

À l'aide du tableau 1, la station du fleuve Saint-Jean à Fort Kent est identifiée comme la station 01AD002. À partir du tableau 2 intitulé "Résultat des analyses de fréquence du débit des crues d'une station unique", en prenant une période de récurrence de 10 ans et une

durée de 7 jours, on obtient un faible débit de 20,49 m^3/s.

2) Analyse régionale de fréquence de faibles débits

Le fleuve Saint-Jean à Fort Kent se trouve dans la région nord (voir figure 1).

La précipitation annuelle moyenne (PAM) en mm peut être établie à 996,9 mm selon le tableau 5.

Au tableau 6 intitulé "Équations de régression régionales pour la région nord" les coefficients et la constante de régression pour la période de récurrence de dix ans et un faible débit d'une durée de 7 jours (région nord) sont :

k = -7,820;
c = 0,040; et
d = 0,240

En substitutant les valeurs dans l'équation :

$$FD_{10,7} = (c\sqrt{BD} + d\sqrt{PAM} + k)^2$$

donne :

$FD_{10,7} = \underline{21,3\ m^3/s}$.

Résultats : On obtient l'estimation d'une période de récurrence de 10 ans, d'un faible débit d'une durée de 7 jours pour le fleuve Saint-Jean à Fort Kent (Station n° 01AD002). À partir de l'analyse de fréquence d'une station unique, la valeur est de 20,5 m^3/s, alors qu'à l'aide de l'équation de la région nord, l'évaluation est de 21,3 m^3/s.

Commentaires : Dans la pratique, on comparera une estimation des faibles débits par répartition proportionnelle faisant appel à une analyse de fréquence de station unique d'une jauge à proximité à l'estimation des faibles débits basée sur les équations de régression régionales. Dans ce cas, le faible débit estimé à 20,5 m^3/s par l'analyse des fréquences d'une station unique est fondé sur un facteur de répartition proportionnelle de 1,0 puisque le site non jaugé est actuellement le site de

jaugeage lui-même.

Les résultats de l'analyse de fréquence d'une station unique et ceux de l'équation de la région nord diffèrent seulement de 3,9 %. Sachant qu'une station unique utilise des données enregistrées précises, on peut conclure que cette erreur est attribuable à l'approche de régression régionale.

La station du fleuve Saint-Jean à Fort Kent est la plus grande station utilisée dans cette étude.

Exemple deux : **DÉTERMINER LE FAIBLE DÉBIT À UN SITE NON JAUGÉ MAIS AYANT UNE STATION DE JAUGEAGE À PROXIMITÉ DANS LE MÊME BASSIN**

L'exemple suivant décrit les modalités à suivre si une station hydrométrique est située à proximité dans le même cours d'eau. (Voir l'étape 4 pour site non jaugé, section 5.3).

Objet : Déterminer le faible débit de la rivière Upsalquitch à Robinsonville pendant une période de récurrence de 10 ans et une durée de 7 jours, $FD_{10,7}$.

Solution : À partir de la figure 1, on peut déterminer que la rivière Upsalquitch se trouve dans la région nord.

La station de jaugeage de l'écoulement du cours d'eau n° 01BE001, de la rivière Upsalquitch à Upsalquitch est à proximité. D'après le tableau 1, le bassin de drainage de la station de jaugeage est de 2 270 km^2.

La ligne de partage des eaux pour la partie du bassin de la rivière Upsalquitch en amont de Robinsonville mais en aval de la station de jaugeage est indiquée sur une carte topographique à l'échelle 1:50000. La superficie de drainage de cette partie du bassin a donc été déterminée par planimétrie à 62,3 km^2 environ.

Le bassin de drainage de la rivière Upsalquitch à Robinsonville est donc de 2 270 km^2 + 62,3 km^2 = 2 332 km^2.

Les superficies de drainage des bassins de la rivière Upsalquitch à la station de jaugeage et à Robinsonville diffèrent de moins de 10 %.

On prévoit donc que les résultats d'analyse de fréquence d'une station unique pour la rivière Upsalquitch à Upsalquitch donneraient la meilleure estimation du faible débit.

D'après le tableau 3, le faible débit pour une période de récurrence de 10 ans et une durée de 7 jours à la station 01BE001 est de 3,89 m^3/s.

La répartition proportionnelle à l'aide de la superficie de drainage d'un bassin peut être calculée comme suit :

$$FD_{10,7} \text{ à Robinsonville} = (3,89\ m^3/s)\ \frac{2\ 332\ km^2}{2\ 270\ km^2}$$

$$FD_{10,7} = 4,0\ m^3/s.$$

On peut également utiliser l'équation de régression de la région nord (semblable à l'exemple précédent) pour obtenir une évaluation du faible débit, mais il semble que cette démarche ne pourrait pas donner d'aussi bons résultats dans le cas présent.

L'équation est la suivante :

$$FD_{10,7} = (c\sqrt{BD} + d\sqrt{PAM} + k)^2$$

Selon la figure 2 intitulée "Précipitation annuelle moyenne 1951-1980", la PAM pour le bassin de la rivière Upsalquitch en amont de Robinsonville peut être évalué à environ 1 050 mm.

La superficie de drainage et la précipitation annuelle moyenne se situent dans l'échelle des variables indépendantes utilisées dans les équations de régression pour la région nord tel qu'il est indiqué au bas du tableau 6.

D'après le tableau 6, intitulé "Équation de régression régionale pour la région nord", le faible débit pendant une période de récurrence de 10 ans et une durée de 7 jours est c = 0,040, d = 0,240 et k = -7,820.

En substituant ces données :

$$FD_{10,7} = 3,57 \text{ cm}$$

Résultats : Le faible débit pour une période de récurrence de 10 ans et une durée de 7 jours pour la rivière Upsalquitch à Robinsonville est estimé à 4,0 m^3/s par répartition proportionnelle du rapport des superficies de drainage à la

station à proximité alors qu'en utilisant l'équation de régression pour la région nord, la valeur est de 3,6 m^3/s.

Commentaires : Puisque les conditions hydroclimatiques et de géographie physique du bassin inférieur ne diffèrent pas grandement de celles de l'ensemble du bassin, la répartition proportionnelle des résultats de l'analyse de fréquence d'une station unique pour la station de jaugeage à Upsalquitch devrait fournir les meilleurs résultats. Il serait toutefois sage d'utiliser une estimation du débit moins élevée compte tenu du degré de risque.

Exemple trois : **DÉTERMINER LE FAIBLE DÉBIT À UN SITE NON JAUGÉ**

Les stations de jaugeage de l'écoulement des cours d'eau ne sont habituellement pas situées près d'un projet proposé. Les équations de régression régionales ou tout autre moyen doivent donc être utilisés pour estimer les faibles débits à des emplacements non jaugés. Dans les exemples précédents, une seule équation de régression régionale était applicable. Dans cet exemple, un site (la rivière Miramichi du sud-ouest près de Juniper

à The Forks) a été choisi parce que l'équation de régression est moins évidente.

Objet : Déterminer le faible débit de la rivière Miramichi du sud-ouest près de Juniper à The Forks pendant un intervalle de récurrence de 20 ans et une durée de 7 jours.

Solution : D'après la figure 1 intitulée "Régions homogènes de faible débit et stations hydrométriques utilisées dans l'analyse", on constate que la rivière Miramichi du sud-ouest près de Juniper à The Forks se trouve dans la région sud. La partie du bassin de drainage en amont longe toutefois la région nord. Les équations de régression régionales pour les régions nord et sud serviront donc dans cet exemple et les résultats seront comparés.

On peut évaluer la précipitation annuelle moyenne à 1 105 mm d'après la figure 2 intitulée "Précipitation annuelle moyenne (1951-1980)".

La ligne de partage des eaux a été tracée sur une carte topographique à l'échelle 1:50 000 et la superficie a été établie par planimétrie à environ 673 km^2.

Le périmètre a été établi à 195,9 km et la latitude du bassin à la sortie d'eau à 46.314°N.

Les variables se situent à l'intérieur des échelles acceptables données pour les équations aux tableaux 6 et 7.

L'équation pour la région sud (BD > 400 km^2) prend la forme suivante :

$$FD_{R,D} = (e\sqrt{PAM} + f\sqrt{P} + g\sqrt{LAT} + k)^2$$

D'après le tableau 7, le faible débit pour une période de récurrence de 20 ans et une durée de 7 jours est e = 0,160, f = 0,209, g = 7,375 et k = -57,333.

En substituant ces données à l'équation ci-dessus :

$$FD_{20,7} = 1,22\ m^3/s$$

L'équation pour la région nord est la suivante :

$$FD_{20,7} = (c\sqrt{BD} + d\sqrt{PAM} + k)^2$$

D'après le tableau 6, le faible débit pendant une période de récurrence de 20 ans et une durée de 7 jours est c = 0,038, d = 0,232 et k = -7,532.

En substituant ces données à l'équation ci-dessus :

$$FD_{20,7} = 1,36 \text{ m}^3/\text{s}$$

Résultats : Estimations du faible débit pendant une période de récurrence de 20 ans et une durée de 7 jours pour la rivière Miramichi du sud-ouest à The Forks :

En utilisant l'équation pour la région nord, l'estimation est de 1,36 m^3/s alors qu'avec l'équation pour la région sud (BD < 400 km^2), l'estimation est de 1,22 m^3/s.

Commentaires : Des résultats similaires ont été obtenus en utilisant les équations de la région nord et de la région sud, ce qui donne une plus grande confiance dans la précision des estimations. Ce n'est toutefois pas toujours le cas surtout pour les petits bassins.

7. BIBLIOGRAPHIE

Condie, R. and Cheng, L. : Low Flow Frequency Analysis, Program LOFLOW Direction des eaux intérieures, Environment Canada. 1982.

Environnement Canada et ministère des Affaires municipales et de l'Environnement du Nouveau-Brunswick : Analyse des fréquences des crues au Nouveau-Brunswick. Un guide d'évaluation des débits de crue pour les rivières et les cours d'eau du Nouveau-Brunswick. Avril 1987.

Direction des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Division des relevés hydrologiques du Canada : Sommaire chronologique des débits - provinces atlantiques, Ottawa, Canada, 1986.

Millett, Sewell : Compilation de doinnées pour les bassins d'écoulement dénoyé de conditions connues de faibles débits dans le nord-est du Nouveau-Brunswick, Travail Canada '85, août 1985.

Montreal Engineering Co. Ltd. : Étude des ressources en eau des provinces Maritimes - Étape 1, volume 3 pour le Conseil de développement de la région de l'Atlantique, janvier 1969.